

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002年8月15日 (15.08.2002)

PCT

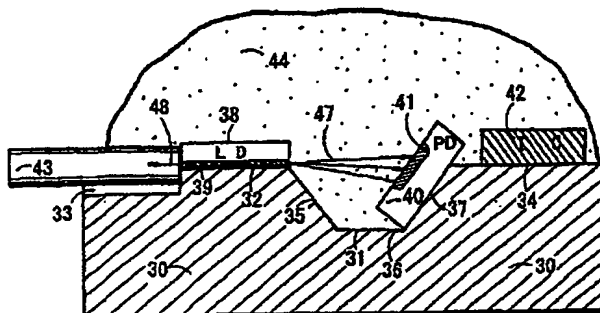
(10) 国際公開番号
WO 02/063730 A1

- (51) 国際特許分類: H01S 5/022
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/10459
(22) 国際出願日: 2001年11月29日 (29.11.2001)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2001-27597 2001年2月5日 (05.02.2001) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒541-0041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 工原 美樹 (KUHARA, Yoshiki) [JP/JP]. 山本 直之 (YAMABAYASHI, Naoyuki) [JP/JP]; 〒554-0024 大阪府大
- 阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 塩崎 学 (SHIOZAKI, Manabu) [JP/JP]; 〒244-8588 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内 Kanagawa (JP).
(74) 代理人: 上代哲司, 外(JODAI, Tetsuji et al.); 〒554-0024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
(81) 指定国 (国内): CA, JP, US.
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
添付公開書類:
— 国際調査報告書
2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: OPTICAL TRANSMITTER

(54) 発明の名称: 光送信器

A 実施例 1



A... EMBODIMENT 1

(57) Abstract: An optical transmitter capable of holding the power of an LD at a constant by monitoring the amount of light from the LD on a monitor PD (photo diode) and giving a feedback, characterized in that a recessed groove is provided in a substrate, a monitor PD (photo diode) is installed on the sloped surface of the recessed groove, and the light from the LD installed horizontally opposite to the monitor PD (photo diode) is received directly by the monitor PD (photo diode), whereby the size and cost of the transmitter can be reduced while allowing a large amount of light from the LD to be inputted into the monitor PD (photo diode), and a transmission can be performed at a higher speed.

[続葉有]



(57) 要約:

本発明は、LDの光量をモニタPDによって監視し、フィードバックしてLDのパワーを一定に保持するようにした光送信器において、より多くのLDの光量をモニタPDに入力できるようにしつつ小型化・低コスト化に好適の装置を提案し、さらにより高速送信が可能な装置を提案することを目的とするもので、基板に凹溝を備え、凹溝の傾斜面にモニタフォトダイオードを取り付け、対向して水平に設けられるLDの光をモニタフォトダイオードが直接、受光するようにすることを特徴とする。

明細書

光送信器

5 技術分野

本発明は、半導体レーザとモニタフォトダイオードを内蔵した光通信用光送信器に関するものである。特にモニタフォトダイオードの配置を工夫することにより小型低コストの光送信器を実現したものである。

10 背景技術

現在最も広く利用されている光送信器は、円筒形金属パッケージに送信光を発するLD、LD出力を監視するモニタPD、送信光を集光してファイバに入射させるレンズ、レンズを保持するキャップを収容した三次元構造を有するものである。

15

図1、図2、図3に従来の光送信器を示す。円盤状の金属製ステム1の上に、縦型のポール2が形成される。ポール2の内側の側面にはサブマウント3を介して信号光を発生する半導体レーザ(LD)4が横向きに固定される。半導体レーザの直下に当たる位置に、モニタフォトダイオード(モニタPD)5が設けられる。これはサブマウント6によってステム1と絶縁される。リードピン7~9がステムの底部から下方へ突出している。ワイヤ10、11によってモニタPD5やLD4の電極とリードピンが接続される。半導体レーザ4の直上にはレンズ12がある。これは球レンズであって円筒形のキャップ13によって保持される。その上に光ファイバ14が設けられる。

25

実際には光ファイバ14を円筒形の細いフェルールで保持し、円筒形金属のフェルールホルダーがフェルールを支持するようになっている。金属製フェルールホルダーはステム1の上面に半田付けされる。金属製ステムと金属製フェルールホルダーが金属パッケージを構成する。金属パッケージは気密封止されており不

活性ガスが充填されている。

そのような金属パッケージの外殻部分は図示を略している。半導体レーザ 4 は
両端面から光を放出する。前方光 1 5 は信号光であり、後方光 1 6 はモニタ光で
5 ある。

半導体レーザ 4 にあつては、前方光 1 5 の光量と後方光 1 6 の光量との比率は
一定なので、半導体レーザ 4 の後方光 1 6 をモニタフォトダイオード 5 で受光し、
その光電流出力が一定になるように、半導体レーザ 4 の駆動回路を制御すること
10 により、半導体レーザ 4 の送信光 1 5 (前方光) のパワー平均値を常に一定に保
つようにすることができる。LD 光量は長い間には変動するから、これを監視す
るモニタフォトダイオード (モニタ PD) は光送信器には不可欠である。

図 1 ~ 3 に示した光送信器では、金属製のパッケージを使っているから気密封
15 止性に優れ発光出力も充分でありモニタ光量も充分である。しかし、三次元構造
を有するものなので、レンズ付きキャップ 1 3 や光ファイバの位置について調芯
しなければならない。組立に時間がかかるので組立コストが高む。集光のために
レンズを用いており、さらに同軸型の金属製パッケージを使っている。そのため
小型化、低コスト化に限界がある。

20

調芯の不要な二次元的な構造をもつ光通信装置が研究されている。基板上に平
面導波路を設けるので表面実装型光通信装置と言う。二次元的構成で小型であり
光路は短いからレンズは不要で時間の掛かる調芯作業も不要である。部品コスト、
組立コストを低減できる可能性がある。小型化・低コスト化という目的にはぴっ
25 たりタイプの光通信装置である。表面実装型送信器の場合でも、信号光を発す
る LD の光が変動してはいけないから必ずモニタ PD で LD 光量を監視するよう
になっている。

LD の光をモニタするための PD として、端面入射が可能な PD を用いると、

高さを合わせてLDとモニタPDを基板の上にそのまま搭載すればよい。そのようなものとして導波路型のPDとか、端面を傾斜面にした端面入射型PDというものがある。LDもPDもエピタキシャル面を基板側に向けて基板に取り付けると高さを合わすことができる。LDから水平に出た後方光はそのままPDの端面
5 に入射しPDにモニタ光電流を発生することができる。

しかしこれらのPDは特殊なPDであって製造が難しい。さらにこれらのPDを使うと、有効な入射面積があまりに狭いのでLDの光の一部しかPDに入らない。つまりLDの結合効率が低くモニタ光量が微弱だという難点がある。PDの
10 感度を上げるかLDの後方光量を増やすかしないと正確なモニタができない。

低コスト化のためには、やはり、製造容易な裏面入射型PDや上面入射型PDをモニタフォトダイオードとして利用する必要がある。これらは裏面からあるいは上面から光を入れる必要がある。

15

LDを水平に配置して、PDの裏面からあるいは上面から光を入れるためには、たとえば、PDを横に向けて取り付けることが考えられる。

上面入射型の場合、基板にポールを立ててその側面にPDを横向けにして付けるというようにできる。そうすればLDの後方光（モニタ光）をPDの上面直角
20 に入れることができる。裏面入射型の場合も、基板にポールを立てて裏面から光が入射するようにしてポールに裏面入射型PDを張り付けるというようにできる。しかしそうするにはポールを基板に取り付ける必要があり基板構造が複雑になる。LDから出た光が、空間を長く伝搬するから放射状に広がるため、これを絞るためのレンズが必要になることもあろう。さらに配線パターンも複雑になり部品点
25 数や工数が増え表面実装型の長所を減殺することになってしまう。基板にポールを立てて素子構造を複雑にすることは低コスト化のねらいに反するものである。

LDを水平に配置し、かつ、基板面に水平の裏面入射型PDをモニタPDとする場合は、LDの光をPD裏面に導くための工夫が必要である。たとえば

①ドイツ特許DE 4 3 1 3 4 9 2 C 1には、エピタキシャル面を基板側に向けて基板面に取り付けたLDのすぐ後方の基板面にV溝を掘りV溝にまたがるように裏面入射型PDをモニタPDとして設けたものが開示されている。LDの後方光がV溝で反射されて上方へ転じPDの裏面からPDの受光部まで到達するようになっている。これはLDとPDの間にV溝を掘るだけでLDとPDを結合させている。しかしこのような表面実装型LDモジュール（光送信器）はLDの後方光の上半分に向かう光がPDに入らない。LD後方光の半分以下しかPDに向かわないので結合効率が良くないという欠点がある。

②特開平 10-341062 号公報には、窪みと面取り部、段部を設けた複雑な形状の基板に LD と PD を水平に取り付け、LD の後方光を水平戴置裏面入射型 PD に導くようにした LD モジュールが開示されている。図 4 にその構成を示す。Si 基板 17 は単結晶 Si 基板であるが、複雑な形状をしている。中央部に狭い台地があり、その後ろには三角形の窪み 18 が穿ってある。窪み 18 の後方の基板裏面は斜めに削った面取り 19 となっている。中央の狭い台地には発光素子 (LD) 20 が水平に取り付けられる。面取り 19 ののすぐ上が高い後高部 21 となっている。

後高部 21 は水平であり、ここに裏面入射型モニタフォトダイオード 22 が実装される。三角断面の窪み 18 の後半面には AR コーティング (反射防止膜) 23 がなされている。後方斜めの面取り 19 には金属コーティング (反射鏡) 24 が形成される。LD 20 の前方には V 溝があつて、ここに光ファイバ 25 が挿入固定される。LD (発光素子) 20 は前方光 (信号光) と後方光 (モニタ光) を出す。両者のパワー比は一定である。

25 信号光（前方光）29は光ファイバ25に入り伝搬してゆく。モニタ光（後方光）28は窪み18を下向きに進みARコーティング23を通して基板内に入り基板内を進み裏面の金属コーティング24によって反射されモニタフォトダイオード（PD）22の裏面から入り、これによって感知される。PD22によって

モニタ光を監視することにより信号光の大きさがわかる。経年変化によってLD光が減少するとモニタ光によってそれがわかるからLD駆動用電流をその分だけ増やしてLDの信号光強度を一定に保持する。これはモニタ光をSi基板に通すようにしたもので斬新なアイデアを示している。

5

Siは可視光には不透明だが、 $1.3\mu\text{m}$ や $1.55\mu\text{m}$ である信号光に対しては透明に近いから発光素子20の後方光をSi基板の内部に通すこともできるわけである。そのような表面実装型モジュールはかつてなかったものである。しかも基板17の底面を斜めに面取り(符号19)してミラー(金属コーティング)24を加工し、これでモニタ光を上方へ反射させるというのは斯界技術者の意表を付いた巧みな構成である。こうすることによって水平に基板に取り付けたPDの裏面に、LDの後方光28を導くことができる。基板に水平にチップを取り付け、水平LDから水平PDに光を導くようにしたところにこの提案の着想の妙がある。

15 この方式は、表面実装技術を生かして、一つの小型ベンチ上に光ファイバと半導体レーザと、モニタフォトダイオードを連続的に実装でき、レンズも不要で、小型化、低コスト化を推進できる可能性のある有望な候補である。

しかし、この方式の場合、Siベンチに窪みと面取り部を加工しなければならない。Siベンチの加工が複雑である、という難点がある。LD20の戴置される中間部より、PDが戴置される後高部21は高さが高いため、そのように段差を加工しなければならない。また中間部には窪み18を加工し、基板の後ろ裏面には面取り部19とミラー24を作製しなければならない。特に、後端面取り19の斜め加工と金属反射膜24の加工は工数を増大させる。困難な加工がモジュールの製作コストを大幅に引き上げてしまう。

25 それ以外にもう一つの欠点がある。それは、従来例①以上にLD20とPD22の結合が低いということである。LD20の後方光28のほんの一部しかモニタフォトダイオード22に入らないということである。

それは極めて簡単な幾何光学的考察によって分かる。LD 20の後方光の出射点を L_2 とする。裏面入射型PD 22の底辺をCGとしてCGの中点をNとする。ミラー辺をEFとする。LD 20から出た後方光28が軸線となす下向き角を ϕ とする。下向き角 ϕ は変数である。後方光の内PDの中点Nに入る光線がミラー24で反射される点をMとする。MはEFのほぼ中心にあるが中点ではない。ミラー面の傾き角を β とする。 β は定数である。この図ではPDの中点Nに入射する光はPD底面に垂直であるようにしている。ミラーの中間点Mにおいて横向きにx軸、縦向きにy軸をとる。LD 20の後方光の出射点 L_2 とミラー中間点Mの水平距離をs、垂直距離をhとする。ミラー中間点MとPD中点Nの距離をkとする。 $k > h$ である。 β の傾き角をなすミラー面は、一次式

$$x \sin \beta - y \cos \beta = 0 \quad (1)$$

によって表現される。PDの裏面は $y = k$ によって表される。

15

LDから $\phi_0 = \cot^{-1}(s/h)$ の出射角で出た光線がミラー中間点M(0, 0)で反射されてPDの裏面の中間点N(0, k)に入る。ビームは $\phi = 0$ で最大でその廻りにガウシアン分布するであろうが、 ϕ_0 の近傍でもある程度の強度を持つ。M点での反射角はミラー傾き角 β に等しく、またM点での入射角は $\pi/2 - (\phi_0 + \beta)$ であるから、これを等しいとおくと、

$$2\beta = \pi/2 - \phi_0 \quad (2)$$

である。PD底面の任意の一点(x, k)に入射する光線のLDでの出射角 ϕ は、

$$\phi - \phi_0 = \tan^{-1}(x/(k+q)) \quad (3)$$

$$q^2 = h^2 + s^2 \quad (4)$$

によって与えられる。 $k + q$ が長いから出射角 ϕ の狭い範囲の光だけがPDに入

ということがわかる。この時 (3) 式は $\phi - \phi_0 \approx x / (k + q)$ と近似できる。すると、PDの受光部の有効直径をDとすると、PDに感受される出射角 ϕ の範囲は、

$$5 \quad |\phi - \phi_0| \leq D / \{2 (k + q)\} \quad (5)$$

である。PDの有効直径Dを200 μm 、 $k + q = 3000 \mu\text{m}$ とすると、 $|\phi - \phi_0|$ は0.032ラジアン=2度となる。 ϕ_0 が例えば10度とすると、出射角が8度~12度の後方光しかPDに入らないということである。LDの縦方向
10 のビーム広がりには20~30度程度あるがそのうちの極めて限られた方向のビームだけがPDに入るということである。

また、何よりも最も強い0度付近のLD光が捉えられない。従って、LDの後方光は殆どが無駄になる。PDとLDの結合が低いということがわかる。

15 従来例②は、半導体レーザもモニタフォトダイオードも水平に実装しなければならないという先入観に捕らわれている。チップが基板面に水平であれば、チップ実装もワイヤボンディングも楽である。だから、図4のような構成にならざるを得ない。

20 しかし表面実装の技術をさらに生かすためには、よりシンプルなモニタフォトダイオードの配置が望ましい。つまり数多くの溝を掘ったりミラーを形成したり反射防止膜を作製したりしないような簡便な構造が好ましい。それにLDとPDの結合をより高めてLDの後方光の大部分をPDに入射できるようなものが望まれる。

25

③特開平9-26529号公報には、その図9に光ファイバの信号光を斜めに固定したレンズ付き裏面入射型PDで受光するものが開示されている。しかし、これはモニタPDでなく信号受信用のPDの受光である。従って、応答速度が早いことが必要であり、そのためには、受光面を大きくすることができない。図9に

於いても、半径 $30\ \mu\text{m}$ の受光面が示されている。その小さい受光面に光をあつめるためにレンズを付けることが不可欠である。このようにPDの受光面に焦点が合致するようにレンズを付けるのは加工が難しい。さらに光ファイバは安定に位置決めできないから調芯する必要があり、調芯しても位置がずれることもある。

- 5 コストを低減できない構造である。光ファイバでは衝撃、温度変化、圧力変化により偏波面が回転する。偏波面依存性の強い傾斜面入射方式では、偏波面回転の影響を受けて感度が著しく変動するという難点がある。

発明の開示

- 10 本発明は、LDの光量をモニタ用PDによって監視し、フィードバックしてLDのパワーを一定に保持するようにした光送信器において、前述した従来例の欠点を解消し、より多くのLDの光量をモニタPDに入力できるようにしつつ小型化・低コスト化に好適の装置を提案し、さらにより高速送信が可能な装置を提案することを目的とするもので、基板に凹溝を備え、凹溝の傾斜面にモニタフォト
- 15 ダイオードを取り付け、対向して水平に設けられるLDの光をモニタフォトダイオードが直接、受光するようにすることを特徴とする。
- 但し、モニタフォトダイオードには、後に述べる反射防止膜付きのものを含むものとする。

- 20 本発明者等は、モニタフォトダイオードは必ずしも、水平にする必要がないということに気付いた。水平にするのは、ボンディングするにはチップが水平でないといけないという先入観があったからである。しかし、PDが水平でなくても傾斜面にダイボンディングすることは可能である。また傾いた電極パッドと基板メタライズをワイヤボンディングすることも工夫によっては可能である。やりか
- 25 たによっては、ダイボンディングとワイヤボンディングは傾斜チップに対しても行うことができる。

チップを基板面に水平に保持しなくても良いならモニタフォトダイオード保持に関する自由度が高まる。つまり傾けて固定するという自由度が発生する。傾け

られるという自由度があると、より単純なPDの保持構造が可能となる。

本発明は、Si基板に斜め壁を有する凹溝を加工し、LDに対向する凹溝の斜面にモニタフォトダイオードを取り付け半導体レーザの後方光を直接にモニタ
5 フォトダイオード (モニタPD) に入射するようにしている。ここでいう直接とは、
レンズやミラーなどの光学系を介しないという意味であり、LDの後方光は反射
されず直接にモニタPDに入るようにする。だからLD後方光の大部分をモニタ
PDに入力させることができる。モニタPDとLDの結合効率が著しく高揚する。
LDの光量変動をより鋭敏にとらえる事ができ、より精密にLDパワーを制御す
10 ることができる。LDとモニタPDの距離を短かくし、かつ、モニタPDとして、
比較的受光面積の大きいものを使用することにより、レンズのような集光手段を
不要にすることができる。モニタするのに必要なのは、受光量の平均値なので、
応答速度はそれほど速くなくてもよく、比較的受光面積の大きいPDを使用する
ことができる。また、LDとモニタPDの距離が短いのでモジュール全体をより
15 小型にすることができる。反射壁、ミラーを加工する必要がないから製造コスト
を低減することができる。

本発明のポイントはモニタ用PDを所定の傾斜角度で斜めに取り付け、LD後
方光を直接、斜めのモニタPDに入れたというところにある。

20

ここでいう傾斜角度とは、LDの後方光の光軸を含み基板表面と平行な面と、
PDの受光面とのなす角のこととし、傾斜角度 α とする。

傾斜角度 α があまりに小さいと、受光面の見込み角が小さくなり、入射光量が
25 著しく減少する。特に傾斜面では、受光量に対する偏光方向依存性が顕著になり
実用上使用しにくくなる。逆に、傾斜角度 α があまりに大きいと、PDの受光面
側の電極への導通用ワイヤボンディングが難しくなる。

従ってモニタフォトダイオードの傾斜角は15度～50度の範囲が望ましい。

モニタPDを斜めに取り付けたという点で従来の如何なるモジュールとも異なる。斜め実装であるから裏面入射型PDや上面入射型PDを利用できる。結合効率は格段に優れる。

5

傾斜壁を作るための加工が必要であるが先行技術の①や②よりも簡単な工程である。LD、モニタPD、凹溝はLD光に対して透明の樹脂で覆うようにする。これはLD、モニタPDと近似した屈折率をもつような透光性樹脂が適する。透光性樹脂の外側は外形を決め気密封止できるエポキシ樹脂などによって封止する。

10

以上に述べた通り、本発明は、LDのすぐ後方に凹溝を備え、凹溝壁にモニタPDを斜めに固定しLD後方光を、直接斜めのモニタPDに導くようにしている。LDパワーの大部分をモニタPDが受けるようにできるから安定したLD制御ができる。LDのすぐ近傍にモニタPDを置き、受光面積が比較的大きいモニタPDを用いるからレンズは不要である。構造は簡単であるから、より少ない部品と、簡便な工程で、光送信器が製造できる。小型化、低コスト化が可能となる。モニタ電流も安定に得られ、且つドライバICと直結することにより、高速送信も可能となる。

15

ワイヤボンディングが問題であるが、斜めのメタライズ面にワイヤボンディングする技術もすでに存在する。そのような構造の素子は製造可能である。

20

図面の簡単な説明

図1は、円筒対称の金属パッケージに收容され三次元的構成をもつ従来例にかかる光送信器の外殻部を省略した縦断正面図である。

25

図2は、円筒対称の金属パッケージに收容され三次元的構成をもつ従来例にかかる光送信器の外殻部を省略した縦断側面図である。

図3は、円筒対称の金属パッケージに收容され三次元的構成をもつ従来例にかかる光送信器の外殻部を省略した横断平面図である。

図4は、特開平10-341062号公報に開示されている発光素子モジュ

ールの断面図である。

図 5 は、上面入射型 PD を使う本発明の実施例 1 にかかる光送信器の縦断面図である。

図 6 は、本発明の実施例 1 にかかる光送信器の LD・PD 部分の拡大図である。

図 7 は、本発明の光送信器において、PD の傾斜角度 α と LD・PD の結合効率の関係を示すグラフであり、横軸は PD 傾斜角、縦軸は結合効率で、反射なしの場合、反射ありの場合、反射防止膜ありの場合の 3 つの場合についての計算結果を示している。

図 8 は、裏面入射型 PD を使う本発明の他の実施例 2 にかかる光送信器の縦断面図である。

図 9 は、反射防止膜の厚み設計を説明するための図である。

図 10 は、特開平 10-341062 号公報に開示された方法に於いて LD の後方光の内、モニタ用 PD に入力する光の角度分布を示す図で、周辺部の一部の光だけが PD に入っている。

図 11 は、本発明において LD の後方光の内、モニタ PD に入力する光の角度分布を示す図で、中心部の光も PD に入っている。

図 12 は、媒質 1、2 の境界面における S 波の電界、磁場のベクトルを示す図である。

図 13 は、媒質 1、2 の境界面における P 波の電界、磁場のベクトルを示す図である。

発明を実施するための最良の形態

図 5 を用いて、本発明の光送信器の構造を説明する。平坦な基板 30 の中央部付近に凹溝 31 が備えられている。凹溝 31 の前には平坦な前平面 32 がある。前平面 32 のさらに前方には光ファイバを固定するための V 溝 33 が設けられる。凹溝 31 の後方には、後平面 34 がある。凹溝 31 は前傾斜面 35、中平面 36、後傾斜面 37 を有する。

半導体レーザ 38 は凹溝 31 のすぐ前の前平面 32 に水平に固定される。これ

は発光部 39 を基板の側に向けて取り付け。発光部 39 を基板の側に向けて取り付けるのは光ファイバとの軸合わせを容易にするためである。

5 モニタフォトダイオード 40 は、凹溝 31 の後傾斜面 37 に斜めに固定してある。LD 38 の方を向いて、所定の傾斜角度で、斜めに固定するということが本発明では重要なことである。傾斜角度 α があまりに小さいと、受光面の見込み角が小さくなり、入射光量が著しく減少する。特に傾斜面では、受光量に対する偏光方向依存性が顕著になり実用上使用しにくくなる。逆に、傾斜角度 α があまりに大きいと、PD の受光面側の電極への導通用ワイヤボンディングが難しくなる。
10 従ってモニタフォトダイオードの傾斜角は 15 度～50 度の範囲が望ましい。

モニタフォトダイオード (PD) 40 は裏面入射型でも上面入射型でもよい。半導体レーザ (LD) 38 の先方の V 溝 33 には光ファイバ 43 が取り付けられる。基板面には LD 38、PD 40 につながるメタライズ配線パターンが印刷され、メタライズパターンと LD 38、PD 40 はダイボンディングやワイヤボンディングによって接続されている。ここでは配線パターンやワイヤの図示を省略した。

半導体レーザ 38、光ファイバ 43、凹溝 31、モニタフォトダイオード 40
20 の近傍は、LD 38 が発する光に対して透明な樹脂 44 によって覆われている。図 5 では光は空間伝搬するのではなく樹脂内を伝搬する。もちろん樹脂のない構成でも本発明は有効であるが、樹脂があると LD 光の広がり狭くなり、より有効な構成となる。透光性樹脂をポッティング樹脂と呼ぶこともある。透明樹脂の屈折率は LD 38 や PD 40 の屈折率に近い方がよい。LD、PD は InP 基板
25 の上に成長させた InGaAsP、InGaAs 層をもち、これが光の授受にあたる。

透光性樹脂と PD の界面での反射や散乱が起こらないためには、PD の屈折率に等しい屈折率の樹脂が最適である。が、そのような高い屈折率 (3 を越える)

の透光性樹脂は現在存在しない。通常使用されるシリコン系の透光性樹脂は光ファイバの屈折率に近い屈折率を持った透明樹脂であり、この樹脂の屈折率とPDの屈折率の中間の屈折率値を有する反射防止膜をPDの表面に形成することが望ましい。

5

図示していないが、この基板をさらに多数のリードをもつリードフレームに接合する。メタライズパターンと対応するリードをワイヤボンディングによって結合する。さらに全体を強固な固定用樹脂によって覆う。例えば、エポキシ樹脂のような気密性、剛性に優れた樹脂を用いる。外郭をなすパッケージが別にある場合は、パッケージに収容して固定用樹脂で固定する構造となる。その場合は、透光性樹脂、固定用樹脂、パッケージの3層被覆構造となる。

あるいはエポキシ樹脂そのものを外郭をなすパッケージにする樹脂モールド型としてもよい。その場合は、透光性樹脂と固定用樹脂の2層樹脂構造となる。外部には複数のピンと光ファイバあるいはフェルールが突出した形状の光送信器(LDモジュール)となる。

半導体レーザ(LD)38は駆動用IC42によって信号によって変調されたパルス電流が与えられる。LD38は前後に一定の比率で光を発生する。前方光48は信号光であって光ファイバを通して外部へ送信される。後方光47はモニタ光であって後方のモニタPD40に斜め入射する。ここで光電流に変換され平均値が求められてLDの駆動用ICにフィードバックされてLDの出力光のレベルを一定に保持する。

基板は、Si基板、セラミック基板、プラスチック基板等任意のものを用いることができる。凹溝やV溝は材質によって異なる手段で製作される。単結晶Si基板の場合は異方性エッチングによって凹溝やV溝を製造できる。その場合凹溝の傾斜角は結晶方位によって限定される。セラミック基板の場合はダイシングによって機械的に凹溝やV溝を製作する。高分子(プラスチック)基板の場合は、

射出成形や圧縮成形によって凹溝やV溝などを自在に形成することができる。

- 図6に示すように、凹溝の深さ g はPDチップ40の大きさによって変わる。PDチップの幅を a 、側辺の長さを b 、厚みを t とする。傾斜角を α とする。この α というのは水平面からの傾斜角である。もしも上面入射型であり、上面の中央点に、LDからの後方光の水平光が入るべきであるとすれば、次のようにPDの位置が決まる。LDの発光部の高さを $z=0$ とする。そしてPDの上面の中央を原点 O とする。 x 軸をPDからLDに向かう方向に取る。

- 10 PDは α だけ傾斜しているから、上面の前端(LD側)点E、中央点O、後端点Fの x, z 座標は、

$$\text{上面の前端点E} \quad x_e = (b \cos \alpha) / 2, \quad z_e = - (b \sin \alpha) / 2 \quad (6)$$

$$\text{上面の中央点O} \quad x_o = 0, \quad z_o = 0 \quad (7)$$

- 15 上面の後端点F $x_f = - (b \cos \alpha) / 2, \quad z_f = (b \sin \alpha) / 2 \quad (8)$

PDは厚みが t であるから下面の前端(LD側)点G、中央点J、後端点Kの x, z 座標は、

$$20 \quad \text{下面の前端点G} \quad x_g = (b \cos \alpha) / 2 - t \sin \alpha, \quad (9)$$

$$z_g = - (b \sin \alpha) / 2 - t \cos \alpha \quad (10)$$

$$\text{下面の中央点J} \quad x_j = 0 - t \sin \alpha, \quad (11)$$

$$z_j = - t \cos \alpha \quad (12)$$

$$\text{下面の後端点K} \quad x_k = - (b \cos \alpha) / 2 - t \sin \alpha, \quad (13)$$

$$25 \quad z_k = (b \sin \alpha) / 2 - t \cos \alpha \quad (14)$$

となる。下面の前端点Gの深さ z_g が凹溝の深さ g より浅ければPDを斜面に固定することができる。レーザの発光点の高さを $z=0$ として選んでいるから、基板面からの発光点の高さを ε として、

$$(b \sin \alpha) / 2 + t \cos \alpha \leq g + \epsilon \quad (15)$$

であれば後ろ斜面にPDを固定できる。

5

LDの後方光の丁度中心部（出射角 $\phi=0$ ）の光が、PDの丁度中点Oに入射するので傾斜角 α が大きい場合は、LDの光の殆どを入射させることができる。傾斜角 α が減ってくるとPDへ入る光量は $\sin \alpha$ の減少とともに減少する。しかし中央部の光が常にPDに入力するという特質は保持される。

10

ただし屈折率の差があるから表面である程度の光は反射される。反射量は傾斜角 α が90度から離れるに従って増大する。

しかしLD38とモニタPD40の距離が短いからビームの広がり少なく狭い面積でも多くの光量を入射させることができる。

15

[ガウシアンビームの中央部分をPDに入力できること]

本発明は、LDの後方光の中心にPDの受光部の中心を合わせることができる。PDの受光部の半径を q （例えば $100 \mu\text{m}$ 程度）とすると、LD後方光の中心からみれば、受光部は楕円に見える。横方向を y 軸に縦方向を z 軸にとると、受光部は

20

$$\frac{y^2}{q^2} + \frac{z^2}{q^2 \sin^2 \alpha} = 1 \quad (16)$$

のような楕円分布をする。この楕円の面積は $\pi q^2 \sin \alpha$ である。LDからPD中心までの距離を k とする（例えば $k=450 \mu\text{m}$ ）。LD後方光は y 方向に y 、 z 方向に z の標準偏差角をもつガウシアンビームだと仮定すると、距離 k に

25

において y z 面に投影した距離標準偏差は $\xi_y k$ 、 $\xi_z k$ となる。これはビーム広がり角に比例する。LDの発光ストライプに直交する縦方向 (z 方向) の広がりの方が一般に大きい。距離 k での微分領域 $dy dz$ での後方光パワー $dP(y, z)$ はガウシアンビームの近似で

5

$$dP(y, z) = \frac{1}{2\pi\xi_y\xi_z k^2} \exp\left(-\frac{y^2}{2\xi_y^2 k^2} - \frac{z^2}{2\xi_z^2 k^2}\right) dydz \quad (17)$$

この式を (16) の楕円の範囲内で積分したものが、LDの後方光のうちPDの受光部に当たる光量を与える。これはコンピュータによって簡単に計算できる。後に、表、グラフで「反射なし」として示すのはこの量と言う。 α が大きくなる
10 と積分面積は $\sin \alpha$ に比例して大きくなるから光量 P が大きくなるということがわかる。

従来例②はLDの後方光の非中心光の一部だけがPDに入る。図10はそのようなLDビームのガウシアン角分布と、そのうちPDに入る光を斜線部によって
15 示す。図11はそれに対して本発明の場合のLDガウシアンビームと、その内PDに入る部分の光を斜線部によって示している。

本発明の方がPDに入る光量が多い。中心部の光がPDに入る。ただに光量が多いということだけではない。LD全体パワー変化を知るためには、LDの中心
20 部の光量変化を監視しないといけないことがある。温度や発振状態によって、周辺部の分布は大きく変動する。標準偏差角も温度や経年変化によって変わる。つまりビームの周辺分布は中心部分布に比較して変動しやすい。だから従来例②のように周辺部の 10° あたりの部分を見ては正確に全体の光量変動を知る事ができない。時にLD光量変化を誤解することがある。LDビームの中心
25 部を常にカバーする本発明の方がモニタとして格段に優れていることがわかる。

斜めPDに当たったLD後方光がどの程度PDの受光部に入るかを受光効率として具体的に求めて見ることにする。

「反射なし」の場合は、前に述べた通り、式(16)、(17)を用いて計算する
5 ことができる。

「反射あり」の場合については、傾斜面での屈折と反射の考察が必要である。

斜めPDに当たったLD後方光の全部が、PDの受光部にまで入るわけではない。界面では反射と屈折がともなうからである。S波の場合と、P波の場合で屈
10 折と反射の関係が少し異なる。半導体レーザのストライプから出る光は多くの場合横向きの電場を持っている。縦向き電場はわずかである。ストライプ面に対してPDを傾斜角 α で設けるので、PDでの屈折・反射はS波が殆どだということになる。図12はS波の、図13はP波の電界E、磁界Hの方向を例示している。同様な関係があるから図12のS波の場合について説明する。

15

媒質1と媒質2が界面で接触しているとする。それぞれの誘電率を ϵ_1 、 ϵ_2 、透磁率を μ_1 、 μ_2 とする。界面に立てた法線(z軸)と入射光が成す角を(入射角) θ_1 、反射光が成す角を(反射角) θ_1 として、屈折光が法線に対する角度(屈折角)を θ_2 とする。

20 誘電率 ϵ と透磁率 μ の積の平方根は屈折率 n と呼ばれる。媒質1、2の屈折率を、 $n_1 = (\epsilon_1 \mu_1)^{1/2}$ 、および、 $n_2 = (\epsilon_2 \mu_2)^{1/2}$ のように定義する。

S波なので図12において電界成分がx-z成分を持たない。つまり電界はy方向成分(紙面に直交する)しか持たない。磁界は進行方向のベクトルKと、電界に直交し、しかもE、H、Kが右ネジ関係にある。つまり外積 $E \times H$ が、進行方向ベクトルKと平行である。外積 $H \times K$ がEと平行だということもできる。だから入射光の電界 E_1 、反射光の電界 E_r 、屈折光の電界 E_2 をy軸方向に正として
25 とると、入射光磁界 H_1 は斜め下向き、反射光磁界 H_r も斜め下向き、屈折光磁界

H₂も斜め下向きのベクトルとなる。

この図に従ってPDへの透過率を求めることができる。

「反射ありで、反射防止膜なし」の場合、T₀（透過率）は、次の式（18）に
5 より求めることができる。但し、M=n₂/n₁ とする。

$$T_0 = \frac{4 \cos \theta_1 \sqrt{M^2 + \cos^2 \theta_1 - 1}}{(\cos \theta_1 + \sqrt{M^2 + \cos^2 \theta_1 - 1})^2} \quad (18)$$

これを、式（19）に代入して計算することにより 受光効率W（α）を求める
ことができる。

10

$$W(\alpha) = \int P(\phi) T_0(90 - \phi) d\phi \quad (19)$$

積分の範囲はαの前後でのφの範囲である。

15 これは厳密に計算する場合だが、傾斜角θ₁は大体αであるから、θ₁=αとしてT₀を一定値と考え、次の式（20）で 近似的にW（α）を求めることもできる。

$$W(\alpha) = P(\alpha) T_0(90 - \alpha) \quad (20)$$

20

「反射ありで、反射防止膜あり」の場合についてW（α）を求める。

PDチップの上に反射防止膜を設けるとさらにPDへの光の入射を推進できよう。一層の反射防止膜を形成することを考える。図9によって説明する。透光性樹脂（屈折率n₁）から、反射防止膜（屈折率n₂）に傾斜角αでLD光が入る
25 とする。反射防止膜の下地はPDであり、この屈折率をn₃とする。反射防止膜であるから、n₂はn₁とn₃の中間の屈折率をもつ。反射防止膜というのは完

全に反射を防ぐものではない。膜の表面での反射光と膜と下地との境界での反射光の位相が 180° 異なるという条件によって設計される。反射防止膜と α の傾斜をなす LD の光 L が反射防止膜の A 点で反射されて LAQ と進むとする。A 点で反射防止膜内部に入り PD (屈折率 n_3) の表面で反射されて LABCS と進む光線もある。表面反射光の光路 AD と、内部反射光の光路 ABC の光路長の差 ΔL が光の半波長 $\lambda/2$ であるべきだという条件を与える。これは反射光が互いに打ち消し合うという条件である。それは反射防止膜の厚みを決める条件となる。光路長というのは長さに屈折率を掛けたものである。

このような反射防止膜を PD 面に形成すると PD に入る光量は増える筈である。

10 ただし反射防止膜といっても完全に反射を防止できるわけではなく、したがって全部の光が PD の内部に入るわけでない。 $N_1 = n_1 \cos \theta_1$ 、 $N_3 = n_3 \cos \theta_3$ とし、次に示す S_1 を用いて、式 (22) で T_1 を求め、これを、式 (23) に代入して計算することにより $W(\alpha)$ を求めることができる。

$$S_1 = \frac{2}{\frac{n_2 \cos \theta_2}{n_1 \cos \theta_1} + \frac{n_3 \cos \theta_3}{n_2 \cos \theta_2}} \quad (21)$$

15

$$T_1 = N_3 S_1^2 / N_1 \quad (22)$$

$$W(\alpha) = \int P(\phi) T_1 (90 - \phi) d\phi \quad (23)$$

20 しかし傾斜角 θ_1 は大体 α であるから、 $\theta_1 = \alpha$ として T_1 を一定値と考え、「反射ありで、反射防止膜なし」の場合と同様、次の式 (24) で近似的に $W(\alpha)$ を求めることもできる。

$$W(\alpha) = P(\alpha) T_1 (90 - \alpha) \quad (24)$$

25

以上に述べた計算式に、具体的条件を入れて、コンピュータで計算した例を表

1に示す。また、図7にそのグラフを示す。

用いた具体的条件とは、LD波長は $1.3\mu\text{m}$ 、PD受光径は $200\mu\text{m}$ (0.2mm)、LD後端面とPD表面中心点までの距離 $k=400\mu\text{m}$ 、PDの屈折率3.5、透光性樹脂の屈折率1.46、反射防止膜の屈折率1.8という条件である。

表 1

本発明のモニタPD受光効率

傾斜角 α (度)	反射防止膜 厚さ (μm)	結合効率		
		反射なし	反射あり	反射防止膜 あり
0	0.311	0.000	0.000	0.000
5	0.309	0.070	0.011	0.055
10	0.302	0.138	0.039	0.134
15	0.293	0.203	0.079	0.202
20	0.281	0.263	0.126	0.260
25	0.268	0.319	0.175	0.311
30	0.256	0.369	0.224	0.355
35	0.243	0.413	0.270	0.394
40	0.232	0.452	0.313	0.429
45	0.222	0.485	0.351	0.460
50	0.213	0.514	0.385	0.486
55	0.206	0.538	0.414	0.509
60	0.199	0.558	0.439	0.528
65	0.194	0.574	0.459	0.544
70	0.189	0.588	0.476	0.557
75	0.186	0.598	0.489	0.567
80	0.184	0.605	0.498	0.574
85	0.182	0.609	0.503	0.578
90	0.182	0.611	0.505	0.580

[実施例1 ; $\alpha=45^\circ$ (上面入射型PD) (図5、6)]

図5の構造のモジュールを作製した。ここで用いた基板は、長さ4mm、幅3
10 mm、厚み1.2mmの、アルミナ (Al_2O_3) のセラミック基板である。

まず基板に光ファイバの固定溝 33、半導体レーザ (LD) を固定するメタライズパターン、モニタフォトダイオード (PD) を固定するための凹溝 31 を設ける。メタライズパターンは印刷、蒸着、あるいはスパッタリングによって作製する。基板の後半部分があいているから駆動用 IC を取り付ける余地がある。ドライバ IC 42 を取り付ける場合は、ドライバ IC 用のメタライズパターンをも設ける。ドライバ IC を取り付けると LD までの距離が極めて短いから 5 Gbps ~ 10 Gbps の高速送信にも利用できる。しかしドライバ IC は省く事もできる。その場合は外部に駆動用 IC があるからリードを通じて駆動用 (ドライバ) IC と LD が接続されるようになる。

溝 (V 溝 33、凹溝 31) 形成は、基板材料がアルミナのようなセラミックの場合は、ダイシング (機械加工) によって溝加工を行うことが可能である。Si の単結晶基板の場合はケミカルエッチングによって溝形成を行う事ができる。高分子基板の場合は圧縮成形、射出成形によって溝形成を行うことができる。

メタライズパターンは印刷でも形成できる。それ以外に例えば Au-Cr の 2 層構造とする場合は、蒸着やスパッタリングによってクロム層 (Cr) を被覆し、Cr 薄膜の上に Au メッキして Au/Cr メタライズパターンとするなどの方法がある。

用いた半導体レーザは InGaAsP を発光層とする発光波長 1.3 μ m のレーザである。チップサイズは、0.3 mm \times 0.3 mm \times 0.12 mm^t である。発光部を、基板側に向けて取り付け、ファイバのコアとセルフアライメントができるようにしている。

モニタフォトダイオードは、InGaAs の PD である。これは 1.3 μ m 光にも 1.55 μ m 光にも感度がある。受光部直径が 0.2 mm、チップサイズは 0.4 mm \times 0.4 mm \times 0.12 mm^t である。受光表面には、45 度入射時

に、 $1.3\mu\text{m}$ 光に対して最適になる膜厚でSiNの薄膜（反射防止膜）を蒸着により形成している。モニタフォトダイオードはInGaAsPのPDとすることもできる。

- 5 凹溝は、傾斜角（ α ）45度としてダイシングで形成した。

図6に溝、PD、LD部分の断面図を示す。溝の長さは、約0.6mm、深さは約0.25mmである。

- 10 図6に示すように、モニタフォトダイオードの受光径の中心がほぼ半導体レーザの後方光の光軸の延長線上にくるようにすると、最も強い光を多く受光し易い。

- 15 このモニタフォトダイオードの固定は、エポキシ樹脂でも良いし、下部から電極を取るときは、傾斜面にAuのメタライズパターンを付けておいてもよい。モニタフォトダイオードとLDの距離が短いから光が広がらない内にLD後方光をPDに入射させることができる。またPD、LDの距離が短いからPDの後背部が開いてしまう。この後背部を有効に利用することもできる。

- 20 例えば、モニタフォトダイオードの後方に半導体レーザ38をドライブするIC42を置けば、わずか1mm程度の至近距離で、ICのドライブ出力端子と、半導体レーザの電極を1本のAuワイヤで直結することができる。浮遊容量や寄生インダクタンスの極めて低いドライブ回路となり、5Gbpsから10Gbpsといった高周波の送信器に適した構造となる。

- 25 これらの要素を全て固定し、Au線で各チップ間を結線した後、光路やチップを外界から守るために、シリコン系の透明樹脂44で全体をポッティングした。この透明樹脂は、チップを保護するという作用の他に、半導体レーザの後方光の広がりを抑え、モニタ電流を増大させる効果もある。

得られた素子の外形は、長さ4mm×幅3mm×高さ2.5mmと非常にコン

パクトになった。

通常の金属パッケージを用いると、直径7 mmから10 mmと太くなり、長さも15 mmから20 mmぐらいで嵩高いものになる。

- ところが本発明の構成では、長さが4 mmで、かつドライバICまで実装でき、
5 且つ優れて小型になる。

また性能的には、図5の構成で、モニタ電流が平均300 μ Aと良好で、5 Gbpsの高速駆動時も良好な波形が観測された。

10 [実施例2 ; $\alpha = 45^\circ$ (裏面入射型PD) (図8)]

図8のように裏面入射型PDをモニタフォトダイオードにすることもできる。
それ以外は実施例1とほぼ同様にしてモジュールを作製した。

- 15 [基板] 長さ4 mm×幅3 mm×厚み1.2 mm アルミナ (Al_2O_3) のセラミック基板

[半導体レーザ] 1. 3 μ m InGaAsP-LD

0.3 mm×0.3 mm×0.12 mm^t

[モニタフォトダイオード] 裏面入射型 InGaAs-PD

受光部直径 . 0.2 mm

- 20 0.4 mm×0.4 mm×0.12 mm^t

[素子の外形] 長さ4 mm×幅3 mm×高さ2.5 mm

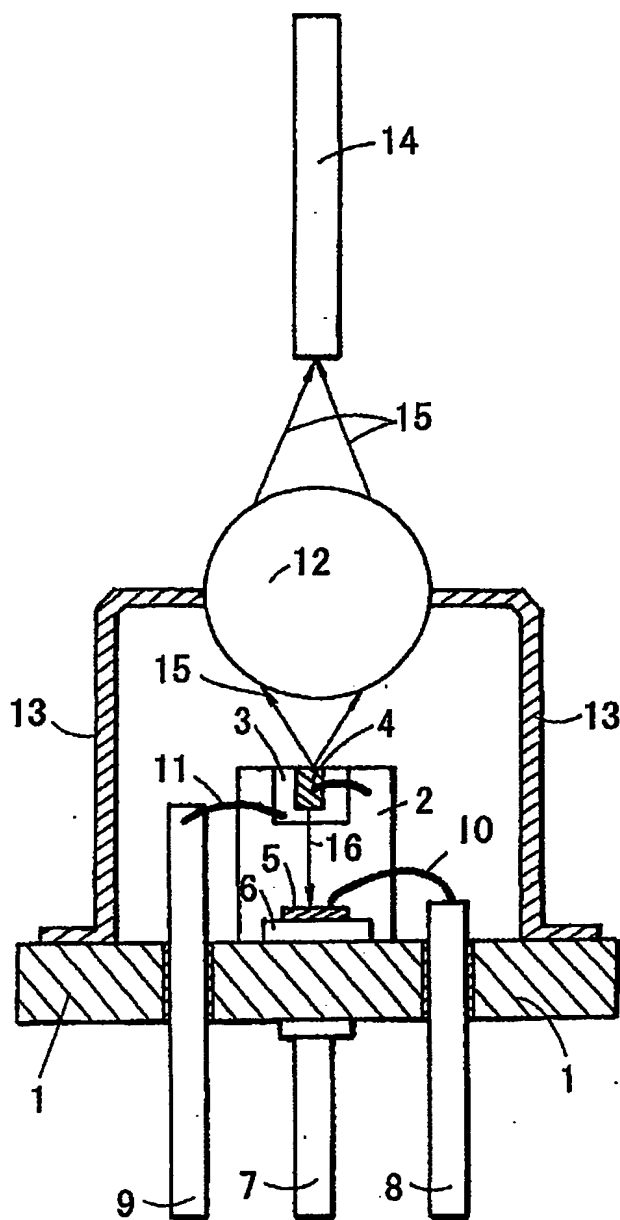
- LD38の後方光47は、PD46の裏面に当たり屈折して受光部へ導かれる。
PDの屈折率が高いから受光部へ至る光量が多い。PD裏面にレンズはいらない。
25 性能的には、実施例1と同様、モニタ電流が平均300 μ Aと良好で、PDとLDの関係は安定しており、5 Gbpsの高速駆動時も良好な波形が観測された。

請求の範囲

1. 凹溝を備えた基板と、基板の上に配置され、前方に送信光を、後方にモニタ光を発生する半導体レーザと、凹溝の斜面部に配置され、半導体レーザの後方モニタ光を感受するべきモニタフォトダイオードとよりなり、半導体レーザの後方モニタ光が直接モニタフォトダイオードの受光面に入光するように、モニタフォトダイオードの受光面が半導体レーザの放射光の光軸を含み基板表面に平行な面に対して斜めに配置されていることを特徴とする光送信器。
- 5 2. 半導体レーザの放射光の光軸とモニタフォトダイオードの受光面の中心が略一致するようにしたことを特徴とする請求項1に記載の光送信器。
3. 凹溝がダイシングによって機械的に形成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の光送信器。
4. 基板がSi単結晶基板であり、凹溝がエッチングによってSi基板上に形成されている事を特徴とする請求項1または2に記載の光送信器。
- 15 5. 半導体レーザと凹溝とモニタフォトダイオードの受光面を含む空間が透光性の樹脂によって覆われていることを特徴とする請求項1～4の何れかに記載の光送信器。
6. 半導体レーザの放射光の光軸を含み、基板表面に平行な面に対して、モニタフォトダイオード受光面の傾斜角が15度から5.0度になるよう配置された請求項1～5の何れかに記載の光送信器。
- 20 7. モニタフォトダイオードの受光面に反射防止膜を形成した事を特徴とする請求項1～6の何れかに記載の光送信器。
8. 半導体レーザがInGaAsP系の結晶からなり、モニタフォトダイオードがInGaAs若しくはInGaAsP系の結晶からなることを特徴とする請求項1～7の何れかに記載の光送信器。
- 25 9. モニタフォトダイオードの後方（モニタフォトダイオードを中心に見て、半導体レーザの反対側）に半導体レーザの駆動素子を配置した事を特徴とする請求項1～8の何れかに記載の光送信器。

図1

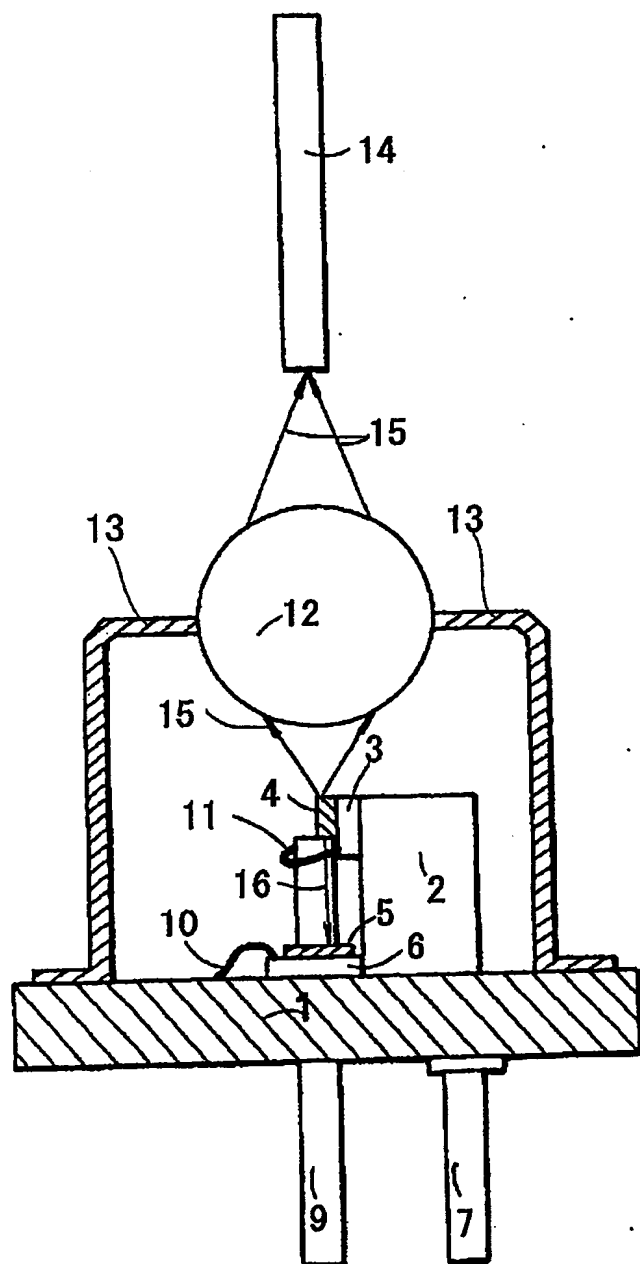
従来例



差替え用紙(規則26)

図 2

従 来 例



差替え用紙(規則26)

図 3

従 来 例

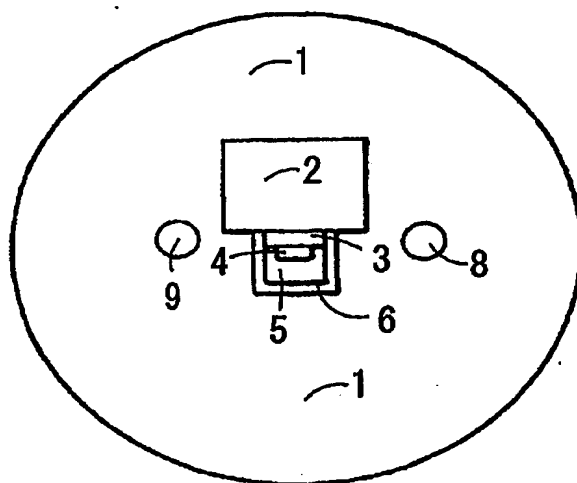
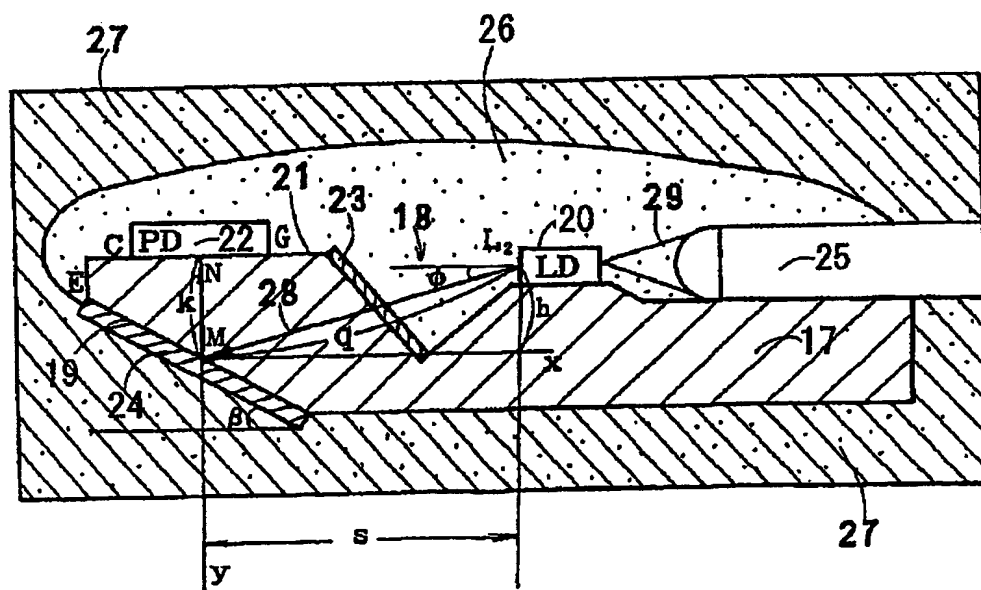


図 4

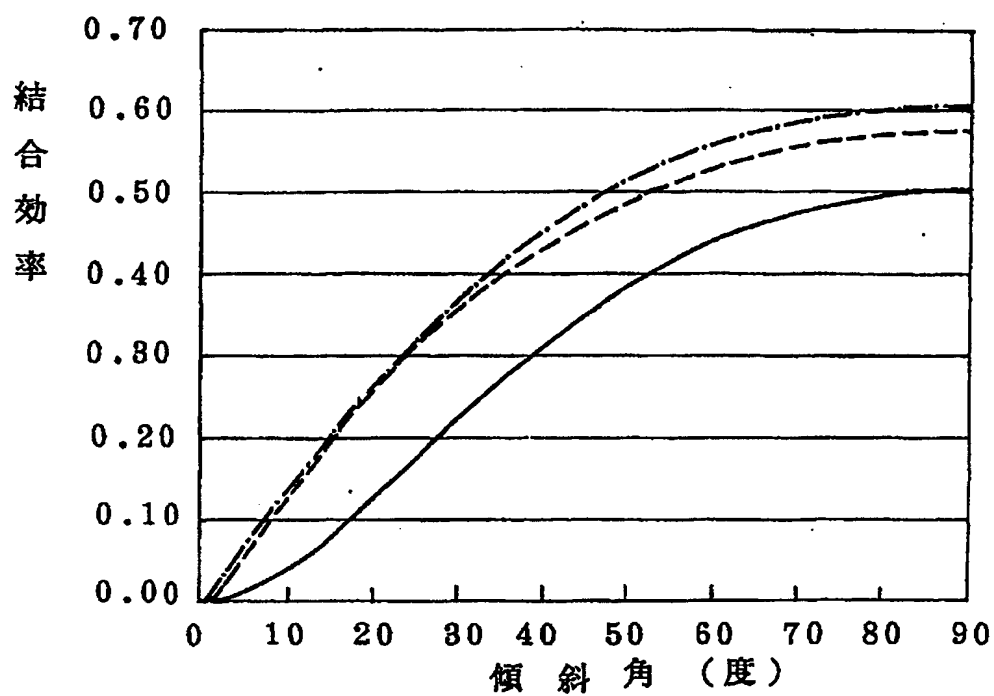
従 来 例



差替え用紙(規則26)

図 7

斜めモニタPD受光効率(水平偏光)



— 反射なし
- - 反射防止膜あり
— 反射あり

图 8

实施例 1

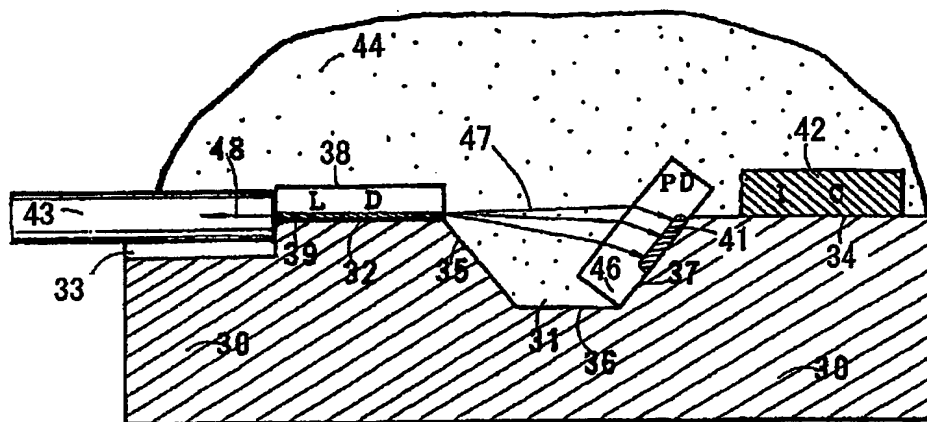


图 9

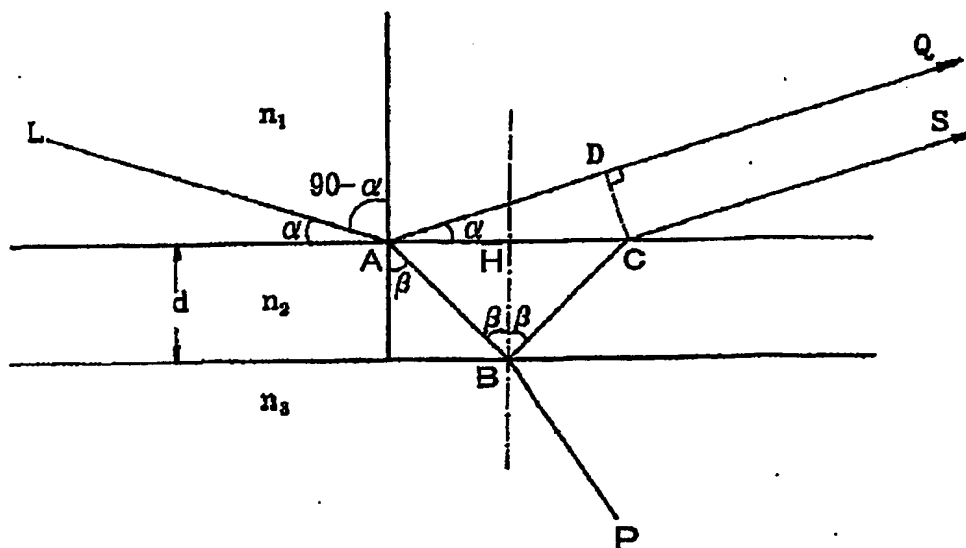


図 1 0

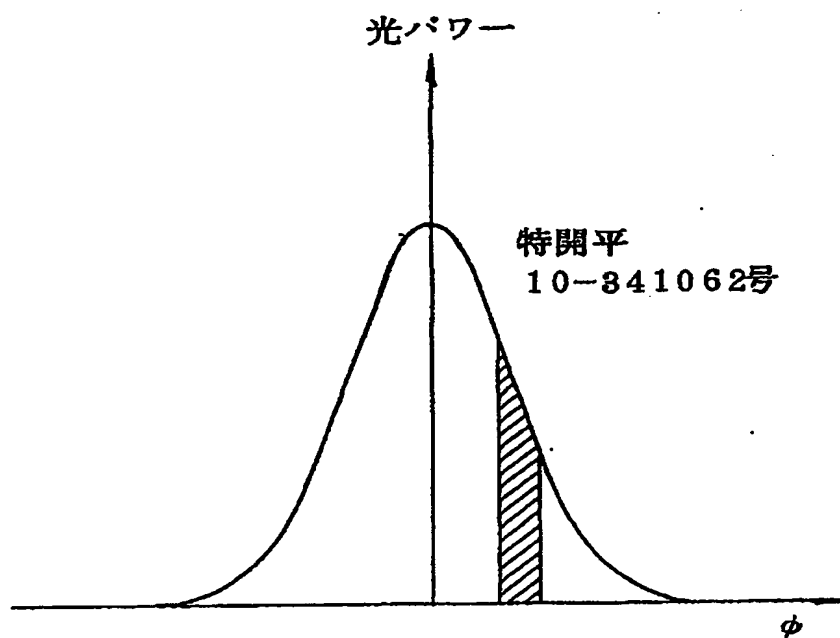


図 1 1

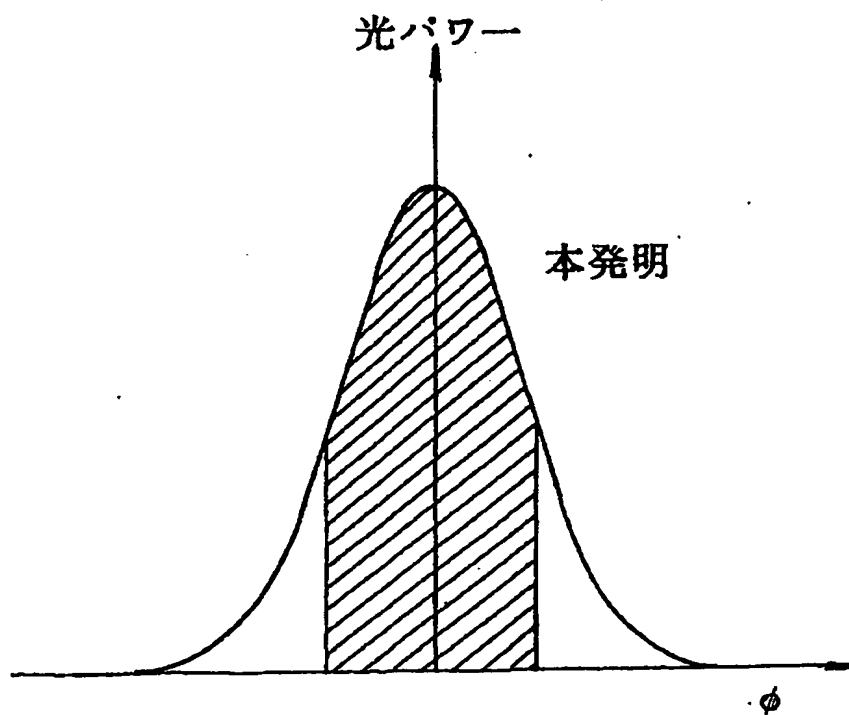


図 1 2

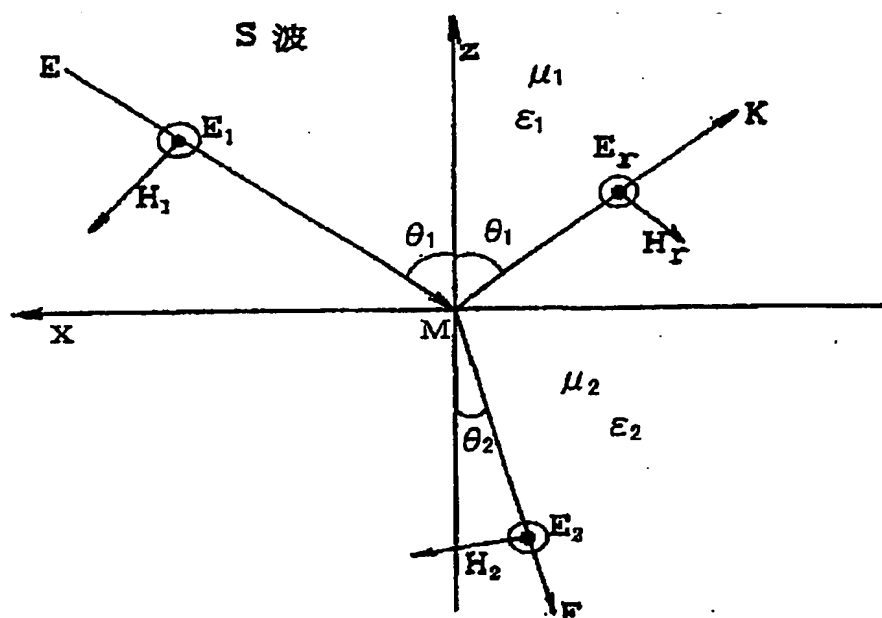
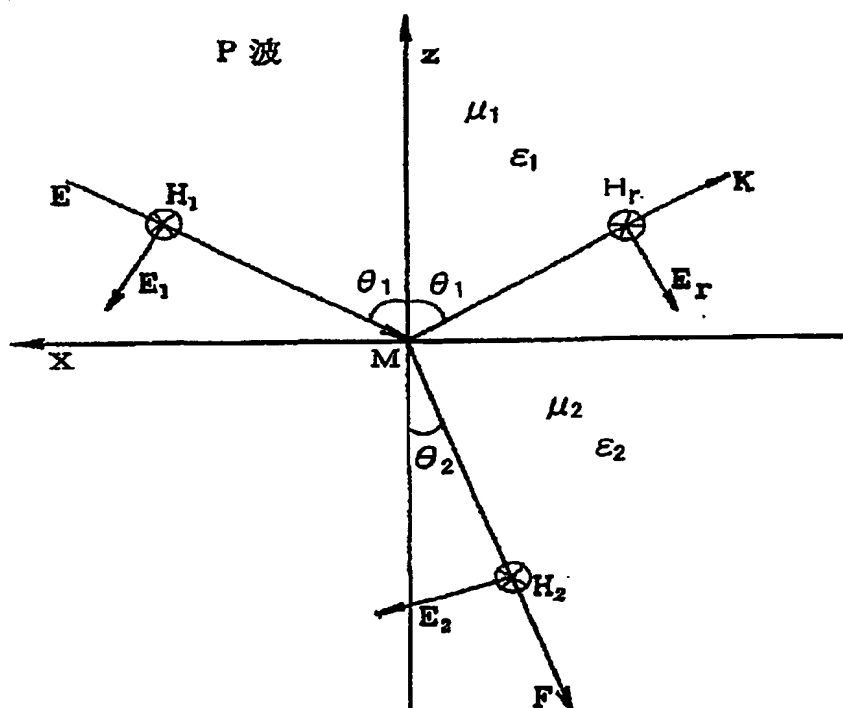


図 1 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/10459

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01S 5/022

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ H01S 5/00-5/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-341062 A (NEC Corporation), 22 December, 1998 (22.12.1998), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1-9
Y	JP 08-037339 A (NEC Corporation), 06 February, 1996 (06.02.1996), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1-9
A	JP 11-274654 A (Matsushita Electronic Corporation), 24 September, 1999 (24.09.1999), Full text; Fig. 4 (Family: none)	1-9
A	JP 10-022576 A (Mitsubishi Electric Corporation), 23 January, 1998 (23.01.1998), Full text; Figs. 2 to 3 (Family: none)	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"B" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report
05 March, 2002 (05.03.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 10-022576 A(三菱電機株式会社), 1998. 01. 23, 全文, 第 2-3 図 (ファミリーなし)	1-9